



03560.003024

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

TAKAHISA KATO ET AL.

Application No.: 10/073,311

Filed: February 13, 2002

For: MOVABLE-BODY APPARATUS
OPTICAL DEFLECTOR, AND
METHOD OF FABRICATING
THE SAME

Examiner: Not Yet Known

Group Art Unit: 2832

August 15, 2002

RECEIVED
AUG 20 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

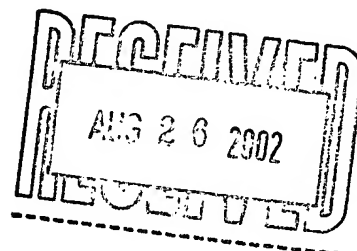
Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is
a certified copy of the following foreign applications:

2001-047300 filed on February 22, 2001
2001-211035 filed on July 11, 2001
2001-278957 filed on September 14, 2001



Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants

Registration No. 42,476

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 283735 v 1



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 2月22日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-047300

[ST.10/C]:

[JP2001-047300]

出 願 人
Applicant(s):

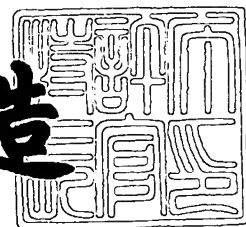
キヤノン株式会社

RECEIVED
AUG 20 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2002年 3月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3016805

【書類名】 特許願

【整理番号】 4284006

【提出日】 平成13年 2月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/10
G02B 27/17
G11B 21/10
G01L 3/10
B62D 5/04
B81B 3/00

【発明の名称】 揺動体装置、光偏向器、及び光偏向器を用いた光学機器

【請求項の数】 27

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 加藤 貴久

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 安田 進

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 廣瀬 太

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100086483

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 一男

【電話番号】 0471-91-6934

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 012036

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704371

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 揺動体装置、光偏向器、及び光偏向器を用いた光学機器

【特許請求の範囲】

【請求項1】 軟磁性体からなる可動コアを有する揺動体と、コイルを周回させた固定コアと、前記揺動体を支持基板に対して揺動可能に支持する弾性支持部とを有する揺動体装置において、

前記可動コアと固定コアとは、揺動体の揺動方向に対し垂直方向にずれて略平行に空隙を介して対向する対向面を夫々有して配置され、前記揺動体が揺動するに伴って前記各々の対向面の前記垂直方向から見た重なり部分の面積が変化するように形成されていることを特徴とする揺動体装置。

【請求項2】 前記可動コアと前記コイルを周回させた固定コアは前記空隙を介して直列磁気回路を構成していることを特徴とする請求項1記載の揺動体装置。

【請求項3】 前記固定コアが、前記可動コアの各対向面と対向する2つの対向面が可動コアを挟んで対向している形状を有することを特徴とする請求項1または2記載の揺動体装置。

【請求項4】 前記固定コアが、前記可動コアの対向面と対向する2つの対向面が同一平面内にある形状を有することを特徴とする請求項1または2記載の揺動体装置。

【請求項5】 前記弾性支持部は前記揺動体を揺動自在に支持するねじりバネで構成されていて、前記可動コアが、前記ねじりバネのねじり軸方向と平行な方向に伸びる前記揺動体の周縁部にのみ形成されていることを特徴とする請求項3または4記載の揺動体装置。

【請求項6】 前記弾性支持部は前記揺動体を揺動自在に支持するねじりバネで構成されていて、前記可動コアが、前記ねじりバネのねじり軸方向と垂直な方向に伸びる前記揺動体の周縁部にのみ形成されていることを特徴とする請求項3記載の揺動体装置。

【請求項7】 前記弾性支持部は前記揺動体を揺動自在に支持するねじりバネで構成されていて、前記可動コアが、前記揺動体と同一平面内で前記ねじりバネのねじり軸方向と垂直な方向に伸びて、前記揺動体の周縁部から突起状に形成され

ていることを特徴とする請求項3記載の揺動体装置。

【請求項8】前記コイルを周回させた固定コアが、前記揺動体に対して、前記ねじりバネの回動中心軸を挟んだ両側に夫々1つ以上配置され、各々前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成することを特徴とする請求項5乃至7の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項9】前記コイルを周回させた固定コアが、前記揺動体に対して、前記ねじりバネの回動中心軸を挟んだ両側のどちらか一方側に1つ以上配置され、前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成することを特徴とする請求項5乃至7の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項10】前記コイルを周回させた固定コアが、前記揺動体に対して、前記ねじりバネの回動中心軸を挟んだ両側に夫々2つずつ、計4つ配置され、各々前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成することを特徴とする請求項5乃至7の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項11】前記弾性支持部はねじり振動及び曲げ振動自在な4つのバネで構成されていて、夫々一對のバネで構成するねじり振動の2つの中心軸を互いに直交させて前記揺動体を2次元のねじり可能に弾性支持し、前記可動コアは前記バネの形成方向と揺動体面内で45度ずれて十字型に交差して4つ形成されていて、前記コイルを周回させた固定コアが前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成するように4つ対向配置され、前記コイルのいずれかに通電することにより前記揺動体を1方向に揺動させ、前記コイルを選択的に使用して前記揺動体の2次元揺動を行うことを特徴とする請求項3記載の揺動体装置。

【請求項12】前記コイルを周回させた固定コアは、前記支持基板とは別の第2基板上に作製され、スペーサ基板を介して前記支持基板と第2基板を所定の関係で接合して、前記可動コアと前記固定コアが空隙を介して直列磁気回路を構成するように配置されることを特徴とする請求項1乃至11の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項13】前記弾性支持部は単結晶シリコンから成ることを特徴とする請求項1乃至12の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項14】前記可動コアは鉄-ニッケルを含む合金から成ることを特徴とす

る請求項1乃至13の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項15】前記揺動体の一つであり、一直線に沿って伸びた一对のねじりバネによって該揺動体が前記支持基板に対して弾性的に略該直線の回りに揺動自由に支持されていることを特徴とする請求項1乃至14の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項16】前記揺動体は偏向子を有し、光偏向装置として構成されていることを特徴とする請求項1乃至15の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項17】前記偏向子が光を反射する反射面であることを特徴とする請求項16に記載の揺動体装置。

【請求項18】前記偏向子が回折格子であることを特徴とする請求項16に記載の揺動体装置。

【請求項19】揺動体アクチュエータとして構成されていることを特徴とする請求項1乃至15の何れかに記載の揺動体装置。

【請求項20】光源と、前記光源から出射された光を偏向する請求項16乃至18の何れかに記載の光偏向器を少なくとも1つ以上配置した光偏向器または光偏向器群と該光偏向器または光偏向器群により偏向された光の少なくとも一部を投影するレンズとを有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項21】請求項16乃至18の何れかに記載の光偏向器の製造方法において、前記支持基板が、前記支持基板上に前記偏向子を形成する工程と、前記支持基板上に前記可動コアを形成する工程と、前記支持基板に前記弾性支持部と前記揺動体を形成する工程により製造されることを特徴とする光偏向器の製造方法。

【請求項22】前記支持基板にエッチング加工により位置決め用の溝を形成する工程を更に含んでいることを特徴とする請求項21記載の光偏向器の製造方法。

【請求項23】前記コイルを周回させた固定コアを備えると共に位置決め用の溝を形成した第2基板及び位置決め用の溝を形成したスペーサ基板を別に製造して、ファイバを介して前記夫々の溝を合わせることで所定の関係を確立して前記支持基板を前記スペーサ基板を介して前記第2基板と接合することを特徴とする請求項22記載の光偏向器の製造方法。

【請求項24】前記支持基板上に前記可動コアを形成する工程が、前記支持基板

上にメッキ用電極を形成する工程と、メッキ用電極を備えた前記支持基板上に感光材料を設ける工程と、該感光性材料を高エネルギー放射光により部分的に感光した後、感光部と非感光部のエッチング速度差を用い所望部を現像除去する工程と、該現像除去した部分に金属をメッキして充填する工程とを含んでいることを特徴とする請求項21乃至23の何れかに記載の光偏向器の製造方法。

【請求項25】 前記高エネルギー放射光として波長400nm以下の波長光を使用することを特徴とする請求項24記載の光偏向器の製造方法。

【請求項26】 前記支持基板に前記弾性支持部と前記揺動体を形成する工程が、前記弾性支持部と前記揺動体を前記支持基板のエッチング加工により形成する工程を含むことを特徴とする請求項21乃至25の何れかに記載の光偏向器の製造方法。

【請求項27】 前記弾性支持部と前記揺動体をエッチング加工により形成する工程が、前記支持基板を前記可動コアの形成されない面からのみエッチング加工する工程であることを特徴とする請求項26記載の光偏向器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、揺動体を有する揺動体装置に関し、特に、入射された光を偏向するのに用いられ、特に小型で高耐久性を有する2次元的に光偏向可能な光偏向器、その製造方法、及び該光偏向器を用いて構成した光学機器等に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、レーザ光等の光ビームを偏向・走査する装置（以下光偏向器）は、レーザプリンタ、バーコードリーダ等の光学機器に用いられている。これらの機器に組み込まれる光偏向器として、従来、側面がミラー面である多角柱を回転させて、入射した光の反射方向を変化させるポリゴンミラー、平面鏡を電磁アクチュエータによって回転振動させるガルバノミラーなどがある。

【0003】

しかしながら、ポリゴンミラーではミラーを回転させる電磁モータ、ガルバノ

ミラーでは機械巻きの駆動コイルと磁場発生のための大型のヨークが必要で、主に、出力トルクの理由からこれらの機械要素の小型化には限度がある。また同時に、各構成部材を組上げる際のスペース等から、光偏向のための装置全体のサイズが大型化するという問題点があった。

【 0 0 0 4 】

また、2次元状に光を走査させる場合、一般的に、ポリゴンミラーとガルバノミラーの組み合わせ、或いはポリゴンミラー2枚の組み合わせが用いられるが、正確な2次元走査を行うためには、それぞれのミラーによる走査方向が互いに直交にするよう配置する必要がある、光学調整が非常に煩雑であった。

【 0 0 0 5 】

一方、半導体製造技術を応用して微小機械を半導体基板上に一体形成するマイクロマシニング技術を用い、上記問題点を解決する目的で提案された光偏向器として、特開平7-175005公報、特開平07-181414公報等で開示されたものが知られている。

【 0 0 0 6 】

図18(a)は特開平7-175005公報の実施例の1つを示す上面図である。全反射ミラー1008である光反射面を有する平板状の可動板1005が、モノリシックなシリコンをベースとするねじり可能な2つのねじりバネ1006により、シリコン基板1002である半導体基板に対して揺動可能に軸支される構造となっている。図18(a)中、1001はガルバノミラー、1003は上側ガラス、1004は下側ガラス、1007は平面コイル、1009はコンタクトパッド、1010A、1011A、1010B、1010Cは永久磁石をそれぞれ示している。この構造において、前記可動板1005の周縁部に、通電により磁界を発生する駆動用平面コイル1007が敷設されており、そして前記ねじりバネ1006の軸方向と平行な前記駆動平面コイル1007の部分のみに静磁界を与えるよう、半導体基板1002の上下面に、互いに対をなす永久磁石1010A、1010B ; 1011A、1010Cがそれぞれ上下ガラス基板1003、1004を介して設置されている。

【 0 0 0 7 】

この光偏向器では、駆動用平面コイル1007に通電し、該平面コイル1007を流れる電流と永久磁石1010A、1010B ; 1011A、1010Cによる磁束密度により、フレミ

ングの左手の法則に従った方向にローレンツ力 F （不図示）が働き、可動板1005を回転するモーメントが発生する。可動板1005が回動されると、ねじりバネ1006のバネ剛性によりバネ反力 F' が発生する。可動板1005の静的な変位は、このローレンツ力 F とバネ反力 F' の釣り合い関係から導かれる。平面コイル1007に流す電流を交流として連続的に反復動作すれば、光反射面1008を有する可動板1005が回動振動し、これにより反射光を走査する。

【0008】

次に、図18 (b)は特開平07-181414公報の実施例の1つを示す斜視図である。曲げモード θ_B とねじれ変形モード θ_T の2つの弾性変形モードを有する弾性支持部2003の一端に、圧電振動子等の微小振動を発生する小型の駆動源2006を設け、弾性支持部2003の他端を光反射面2007を有する振動子2002とした構成となっている。図18 (b)中、2004は振動入力部、2006は振動源、2008はミラー支持部、2009はプレートをそれぞれ示している。

【0009】

この光偏向器は、振動源2006からの振動によって、弾性支持部2003が曲げ振動とねじれ振動を起こす。素子の構成によって、曲げとねじれのそれぞれに固有の共振振動モードを持っているため、これら2つの共振周波数の周波数成分を含む振動を振動源2006で発生させることにより、弾性支持部2003がこれらの共振周波数で共振する。これにより、反射面2007を有する振動子2002は2次元的に反射光を走査する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図18 (a)、(b)に示した光偏向器は小型で2次元走査可能な光偏向器を構成するが、それぞれ以下のような問題を抱えている。

【0011】

特開平7-175005公報の図18 (a)の光偏向器においては、光を走査する際の光の振れ角を大きくしようとする、上下ガラス基板1003、1004と可動板1005の距離を大きくしなければならない。そうすると、永久磁石1010A、1010B ; 1011A、1010Cと駆動用平面コイル1007の相対的な距離が大きくなり、平面コイル1007にお

ける永久磁石の磁束密度は弱くなる。すると、可動板1005の駆動に、大きな電流を平面コイル1007へ流す必要が生じるため、偏向角が大きい省電力の光偏向器を構成できない。また、外部磁界（永久磁石1010A、1010B；1011A、1010C）を振動部分（可動板1005）の外側に配置しなければならず、素子全体の外形寸法が大きくなる。更に、平面コイル1007を備える可動板1005も大きくなる。

【 0 0 1 2 】

また、図18 (a)の光偏向器においては、可動板1005を駆動するための駆動用平面コイル1007の配線が、ねじりバネ1006の部分にパターンニングされている。そのため、可動板1005駆動時のねじりバネ1006の繰り返し運動によって、配線の金属材料が疲労破壊して断線する可能性があり、このような配線の断線事故が素子の寿命を大きく制限してしまう。更に、平面コイル1007を備える可動板1005も大きくなる。

【 0 0 1 3 】

次に、特開平07-181414公報の図18 (b)の光偏向器においては、共振周波数以外で駆動を行って光走査することができないため、走査スピードや走査波形が制限されてしまう。また、反射面2007の位置を保持するような駆動を行うことができない。

【 0 0 1 4 】

また、図18 (b)の光偏向器においては、1つの弾性支持部2003が曲げモードとねじりモードの2つの変形モードで振動するため、2次元走査の場合、曲げ応力とせん断応力の合力が作用して単一の応力に比べて弾性支持部2003に大きな内部応力が発生する。そのため、弾性支持部2003が破損しやすく、素子の寿命を大きく制限してしまう。

【 0 0 1 5 】

本発明は、上記従来の光偏向器の問題点に鑑みてなされたものであって、非常に小型化できて耐久性が高くでき2次元走査可能な構造にもできる光偏向器等の揺動体装置、その製造方法、該光偏向器を用いて構成した光学機器等を提供することを目的とする。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段及び作用】

上記目的を達成する本発明の揺動体装置は、軟磁性体からなる可動コアを有する揺動体と、コイルを周回させた固定コアと、前記揺動体を支持基板に対して揺動可能に支持する弾性支持部とを有する揺動体装置であって、

前記可動コアと固定コアとは、揺動体の揺動方向に対し垂直方向にずれて略平行に空隙を介して対向する対向面を夫々有して配置され、前記揺動体が揺動するに伴って前記各々の対向面の前記垂直方向から見た重なり部分の面積が変化するように形成されていることを特徴とする。

【0017】

この基本の形態のように、反射面などを有する揺動体に可動コアを構成し、基板面内方向に磁束が流れる様にする向きにコイル、固定コアを構成し、固定コア、可動コアを揺動方向に平面位置が異なり、互いの対向面が対向するよう配置したことにより、基板法線方向へ発生力を有する電磁アクチュエータとできる。そして、可動コアの前記揺動方向の厚さを適切に設定すれば、長ストロークにおいても大きな発生力を得ることができる。また、可動部分への電氣的配線を行わないので、配線の断線事故の可能性がなく長寿命の光偏向器等の揺動体装置を構成することができる。

【0018】

前記コイルを周回させた固定コアと前記揺動体に接合された可動コア（軟磁性体で形成されている）を有する揺動体装置の駆動原理は、次の様になる。軟磁性体の可動コアの磁極は決まっておらず、固定コアに磁束が発生する時には磁束を切る軟磁性体の断面積の増す方向に磁束内へ軟磁性体が吸引される駆動力が起こり、磁束消滅時にはそれから解放される。これに対して、可動コアが硬磁性体で形成される場合には、硬磁性体の磁極は決まっており、異或いは同磁極間の磁力（吸引力或いは反発力）が駆動力である。

【0019】

この基本構成に基づいて、以下の如きより具体的な形態が可能である。

前記可動コアと前記コイルを周回させた固定コアは前記空隙を介して直列磁気回路を構成する様にできる。この構成では、固定コアを適当な形状にしておいて

、可動コアを空隙を介して該固定コアに対して配置すればよいので、柔軟な設計が可能である。典型的には、可動コアと固定コアで空隙を介して閉じた直列磁気回路を構成するが、閉じた磁気回路でなく可動コアをコイルを周回させた2つの固定コアで空隙を介して挟む様な構成も可能である。

【 0 0 2 0 】

前記固定コアは、前記可動コアの各対向面と対向する2つの対向面が可動コアを挟んで対向している略C字形状を有する様にできる。この様に固定コアの空隙の形状を構成することで、磁束の漏れを低減し、高効率に発生力を得ることが可能である。また、発生力は固定コアと可動コア間の空隙のパーミアンスによって決まり、そのため、この形態では、可動コアの最も長い辺全てを磁路の幅として構成できるため効果的に大きな発生力を得ることができる。

【 0 0 2 1 】

前記固定コアは、前記可動コアの対向面と対向する2つの対向面が同一平面内にある略U字形状を有する様にもできる。この形態のように、固定コアの空隙の形状を構成することで、固定コアが揺動体の底面と干渉する恐れが全くない光偏向器等を構成可能となり、大きな偏向角の光偏向器を比較的容易に実現できる。

【 0 0 2 2 】

前記弾性支持部は前記揺動体を揺動自在に支持するねじりバネで構成されていて、前記可動コアが、前記ねじりバネのねじり軸方向と平行な方向に伸びる前記揺動体の周縁部にのみ形成されている様にもできる。この形態のように、弾性支持部をねじり振動自在なねじりバネとし、可動コアをねじりバネの軸方向と平行な揺動体の周縁部にのみ形成することで、揺動体への駆動トルクを考慮した場合、モーメントアームが最も大きくなる部分に可動コアを形成できて、効率良くねじり振動を行うことができる。

【 0 0 2 3 】

前記弾性支持部は前記揺動体を揺動自在に支持するねじりバネで構成されていて、前記可動コアが、前記ねじりバネのねじり軸方向と垂直な方向に伸びる前記揺動体の周縁部にのみ形成されている様にもできる。この形態のように、弾性支持部はねじり振動自在なねじりバネで構成されていて、可動コアをねじりバネの

軸方向と垂直な揺動体の周縁部に形成することで、固定コアの空隙形状によらず、可動コアと固定コアの対向面が揺動方向に全く干渉しない構成とすることができ、大きな偏向角の光偏向器等を比較的容易に実現できる。

【 0 0 2 4 】

前記弾性支持部は前記揺動体を揺動自在に支持するねじりバネで構成されていて、前記可動コアが、前記揺動体と同一平面内で前記ねじりバネのねじり軸方向と垂直な方向に伸びて、前記揺動体の周縁部から突起状に形成されている様にもできる。この形態のように、弾性支持部はねじり振動自在なねじりバネで構成されていて、可動コアを支持基板と同一平面内で、ねじりバネの軸方向と垂直な方向に揺動体の周辺部から突起状に突出した構成とすることで、上記の形態よりモーメントアームを大きくして、更に大きなトルクを発生することができる。

【 0 0 2 5 】

前記コイルを周回させた固定コアが、前記揺動体に対して、前記ねじりバネの回動中心軸を挟んだ両側に夫々1つ以上配置され、各々前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成する様にもできる。この形態のように、コイル及び固定コアを、1つの揺動体に対してねじりバネの回動中心軸を隔てて少なくとも1つずつ（合計2つ以上）配置することにより、各々前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成し、交互にコイルに通電することで、共振周波数以外で揺動体を駆動させる場合でも、走査角を損なうことなく高効率に光偏向等を行うことが可能となる。

【 0 0 2 6 】

前記コイルを周回させた固定コアが、前記揺動体に対して、前記ねじりバネの回動中心軸を挟んだ両側のどちらか一方側に1つ以上配置され、前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成する様にもできる。この形態のように、コイル及び固定コアを、1つの揺動体に対してねじりバネの回動中心軸を隔てて揺動体のどちらか一方の側に少なくとも1個配置し、揺動体に形成された可動コアと直列磁気回路を形成することで、駆動に必要な可動コアの慣性モーメントを低減できる。また、コイル及び固定コアの占有面積を低減できるので素子全体を小型化できる。

【 0 0 2 7 】

前記コイルを周回させた固定コアが、前記揺動体に対して、前記ねじりバネの回動中心軸を挟んだ両側に夫々2つずつ、計4つ配置され、各々前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成する様にもできる。この形態のように、コイル及び固定コアを、1つの揺動体に対してねじりバネの回動中心軸を隔てて2つずつ、計4個配置し、各々揺動体に形成された可動コアと直列磁気回路を形成することで、ねじりバネの回動中心軸を隔てて1つずつ、計2個配置する場合より、同数巻きコイルで固定コアの占有面積を低減することができ、揺動体装置全体をより小型化できる。また、特に、4個配置の場合、それぞれに2次元揺動時の駆動の1方向を効果的に割り当てることができる。

【 0 0 2 8 】

前記弾性支持部はねじり振動及び曲げ振動自在な4つのバネで構成されていて、夫々一対のバネで構成するねじり振動の2つの中心軸を互いに直交させて前記揺動体を2次元のねじり可能に弾性支持し、前記可動コアは前記バネの形成方向と揺動体面内で45度ずれて十字型に交差して4つ形成されていて、前記コイルを周回させた固定コアが前記揺動体に形成された前記可動コアと直列磁気回路を形成するように4つ対向配置され、前記コイルのいずれかに通電することにより前記揺動体を1方向に揺動させ、前記コイルを選択的に使用して前記揺動体の2次元揺動を行う様にもできる。この形態のように、弾性支持部はねじり振動及び曲げ振動自在なバネで構成されていて、揺動体をねじり振動の中心軸が互いに直交するように2次元のねじり方向に弾性支持し、可動コアをこの弾性支持部の構成方向と基板平面内に十字型に交差して構成し、コイル及び固定コアを揺動体に形成された可動コアと直列磁気回路を形成するように対向配置したことで、2次元に偏向可能な光偏向器等を1つの素子で実現できる。

【 0 0 2 9 】

前記コイルを周回させた固定コアは、前記支持基板とは別の第2基板上に作製され、スペーサ基板を介して前記支持基板と第2基板を所定の関係で接合して、前記可動コアと前記固定コアが空隙を介して直列磁気回路を構成するように配置される様にもできる。この形態のように、半導体製造技術を用いて、光偏向子な

どを持つ揺動体・弾性支持部・可動コアを同一基板上に一体形成し、またコイルおよび固定コアを別の第2基板上に一体形成し、それらを適切なアライメント機構を備えたスペーサ基板を介して組み合わせる構成とすることにより、可動コアと固定コアとの空隙を高精度に狭く制御して、本発明の光偏向子などの揺動体装置を小型にでき、発生力を大きくできる。

【 0 0 3 0 】

前記弾性支持部は単結晶シリコンから成る様にもできる。単結晶シリコンは、入手の容易で機械特性に優れた（すなわち、比較的軽量でありながら物理的強度、耐性、寿命に優れた）材料である。この形態のように、弾性支持部を単結晶シリコンとすることで、弾性支持部の減衰係数が小さくなるため、共振で利用した場合、大きなQ値を得ることができる。また、金属材料のように繰り返し変形による疲労破壊が起きないので、長寿命の光偏向器等を構成可能となる。

【 0 0 3 1 】

前記可動コアは鉄-ニッケルを含む合金から成る様にもできる。この形態では、飽和磁束密度が大きく、残留磁束が少なく、損失が少ない磁性材料で可動コアや固定コアを構成できることとなり、ほぼ理想的な磁気回路構成とし、本発明の光偏向器等の揺動体装置を高効率にできる。

【 0 0 3 2 】

本発明の揺動体装置は、前記揺動体が一つであり、一直線に沿って伸びた一対のねじりバネによって該揺動体が前記支持基板に対して弾性的に略該直線の回りに揺動自由に支持されている形態を採り得る。前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体が入れ子式に配置され、各揺動体が、各直線に沿って伸びた一対のねじりバネによって、その外側の揺動体或いは前記基板に対して弾性的に略該各直線の回りに揺動自由に支持されている形態も採り得る。必要であれば、3つ以上の揺動体が入れ子式に配置された形態も実現できる。前記各直線が互いに成す角度は、典型的には90度であるが、これも、必要であれば90度以外の角度であってもよい。

【 0 0 3 3 】

典型的には、前記揺動体は偏向子を有し、光偏向装置として構成される。この

偏向子は、光を反射する反射面であったり、回折格子であったりする。光偏向子を反射面とすることで作製が容易で可動部分の質量の小さい光偏向器等を実現できる。また、光偏向子を回折格子とすることで、入射光を複数のビームとし偏向することができる。

【0034】

揺動体装置は、揺動体アクチュエータとして構成されたり、基板と揺動体の相対変位を検出する変位検出手段を有する力学量センサとして構成されたりすることもできる。変位検出手段としては、従来公知のものを使用できる。

【0035】

更に、上記目的を達成する本発明の画像表示装置は、光源（変調可能な半導体レーザなど）と、前記光源から出射された光を偏向する上記の光偏向器を少なくとも1つ以上配置した光偏向器または光偏向器群と該光偏向器または光偏向器群により偏向された光の少なくとも一部を投影するレンズとを有することを特徴とする。前記光源の変調と前記光偏向器の揺動体の動作は制御手段で制御される。本発明の光偏向器を画像表示装置に応用することで、従来の画像表示装置と比べて非常に小型で安価な画像表示装置が実現可能となる。

【0036】

更に、上記目的を達成する本発明の光偏向器の製造方法は、前記支持基板が、前記支持基板上に前記偏向子を形成する工程と、前記支持基板上に前記可動コアを形成する工程と、前記支持基板に前記弾性支持部と前記揺動体を形成する工程により製造されることを特徴とする。

【0037】

前記支持基板にエッチング加工により位置決め用の溝を形成する工程を更に含んでもよい。このように、あらかじめエッチング加工により溝を形成した支持基板上に、偏向子を形成し、その後可動コアを形成し、最後に揺動体、弾性支持部を形成することで、マイクロマシニング技術を用いて本発明の光偏向器を製造可能となり、小型且つ高精度の加工を施すことができる。

【0038】

前記コイルを周回させた固定コアを備えると共に位置決め用の溝を形成した第

2基板及び位置決め用の溝を形成したスペーサ基板を別に製造しておいて、ファイバを介して前記夫々の溝を合わせることで所定の関係を確立して前記支持基板を前記スペーサ基板を介して前記第2基板と接合することで光偏向器の製造をすることもできる。

【0039】

前記支持基板上に前記可動コアを形成する工程は、前記支持基板上にメッキ用電極を形成する工程と、メッキ用電極を備えた前記支持基板上に感光材料を設ける工程と、該感光性材料を高エネルギー放射光により部分的に感光した後、感光部と非感光部のエッチング速度差を用い所望部を現像除去する工程と、該現像除去した部分に金属をメッキして充填する工程とを含んでいる様にできる。可動コアの製造方法としては、支持基板上に磁性材料を精密加工する必要があり、電極を備えた支持基板にリソグラフィにより感光材料で形成した雛型に電気メッキによって磁性材料を充填し、可動コアを形成することにより、高精度且つ安価に可動コアを形成することができる。

【0040】

前記高エネルギー放射光として波長400nm以下の波長光を使用することができる。高エネルギー放射光を、通常のリソグラフィに用いられる波長400nm以下の紫外線とすることは、リソグラフィの装置、工程に要する時間、製造コストなどの点で好ましい。この場合、感光材料として例えば、SU-8 (Micro Chem製) 等を用いれば、数百 μ m程度の厚さの雛型を形成可能であり、この場合、可動コアをより安価に作製可能となる。

【0041】

前記支持基板に前記弾性支持部と前記揺動体を形成する工程が、前記弾性支持部と前記揺動体を前記支持基板のエッチング加工により形成する工程を含む様にもできる。弾性支持部及び揺動体の製造方法としては、弾性支持部は上記のように単結晶シリコンで形成することが好ましく、同時に揺動体も部材の密度が小さいことから単結晶シリコンで形成することが好ましい。単結晶シリコンの加工法を考えた場合、破断を考慮すると平滑でバリのない加工法が好ましい。したがって、支持基板をエッチング加工することにより破断しにくい単結晶シリコンの構

造体を形成可能となり、本発明の光偏向器をほぼ理想的な加工面で製造可能となる。

【 0 0 4 2 】

前記弾性支持部と前記揺動体をエッチング加工により形成する工程が、前記支持基板を前記可動コアの形成されない面からのみエッチング加工する工程である様にもできる。この形態のように、可動コアの形成されていない面からのみエッチング加工を行うことで、既に前工程で形成されている可動コアにエッチング加工の工程による損傷を与えることなく本発明の光偏向器を製造可能となる。

【 0 0 4 3 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を明らかにすべく、図面を参照しつつ実施例を説明する。

【 0 0 4 4 】

(実施例1)

図1に本発明の実施例1による光偏向器1を示す。図1は本実施例の光偏向器1の上面図、図2は図1のA-A線に沿う断面図である。図3は一部を示す斜視図である。

【 0 0 4 5 】

本実施例の構成を説明する。先ず、基板の基本構成を述べる。

この光偏向器1は、図2に示すように、半導体基板である第1支持基板2と第2支持基板4をスペーサ基板3 の上下面に接合した3層構造となっている。この接合は、第2支持基板4上のアライメント溝13C内のファイバ14とスペーサ基板3のアライメント溝13B、スペーサ基板3上のアライメント溝13B内のファイバ14と第1支持基板2のアライメント溝13Aを用いてアライメントを行なって、行われる。図1、図3に示すように、棒状の第1支持基板2には、可動板5が一对のねじりバネ6で弾性的にねじれ振動自在に支持されている。可動板5の一方の面には反射面8が設けられ、もう一方の面には可動コア7A、7Bが形成されている。これら可動板5、反射面8、可動コア7A、7B、及びねじりバネ6は、共に半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術によって一体的に形成されている。特に、可動コア7A、7Bは、ねじりバネ6のねじり軸と平行な可動板5の対辺のみに平板状に形成されてい

る。

【0046】

図1に示すように、第2支持基板4には、ねじりバネ6のねじり軸を挟んで2個ずつ配置されたC字型の固定コア10A、10Bと、そのコア周りに通電により基板面内方向に流れる磁束を発生するコイル9A、9Bが敷設されている。コイル9A、9Bは電流源（不図示）に接続され、電流源により可動板5の動作を制御する。C字型の固定コア10A、10Bとコイル9A、9Bも、共にマイクロマシニング技術によって基板4上に一体形成されている。

【0047】

次に、本実施例の光偏向器の製造方法について説明する。本実施例では、第1支持基板2、スペーサ基板3、第2支持基板4を別々のプロセスで作製し、ファイバ14を用いてアライメント溝13A、13B、13Cによりアライメントを行ってそれら基板を接合し光偏向器1を構成する。

【0048】

ここで、図4を用いて、第1支持基板2に一体的に形成される可動板5、反射面8、可動コア7A、7B、及びねじりバネ6の製造方法を説明する。第1支持基板2としては、(100)方位のシリコン基板を用いる。

【0049】

まず、熱酸化により、基板2両面に酸化シリコンのマスク層101を成膜する。次に、フォトリソ等マスクとして、アライメント溝13Aの形成予定部分のマスク層101をバッファードフッ酸によるウェットエッチングで除去する。次に、レジストを除去した後、アライメント溝13Aの形成予定部分のみがエッチング液に曝されるように、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液を用いたシリコン異方性エッチングを行い、所定の位置にアライメント溝13AとなるV溝を形成する（図4(a)）。

【0050】

アライメント溝13A形成後、再びバッファードフッ酸を用いて基板2両面のマスク層101を除去する。適切な洗浄工程の後、アライメント溝13Aが形成されている面（以下、表面という）に、電気メッキを行うための種電極層111としてクロム

を蒸着した上に、銅を蒸着する。さらに、アライメント溝13Aが形成されていない面（以下、裏面という）に反射膜8としてAlを蒸着する。ここで、反射膜8をパターニングする目的でフォトリジスト膜102を塗布する（図4（b））。

【0051】

ここで、フォトリジスト層102を露光および現像し、Alを侵食する溶液（例えば、 $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{HNO}_3 \cdot \text{CH}_3\text{COOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 混合液等）を用いたウェットエッチングによりAlのパターニングを行う。こうして裏面に反射膜8が形成される。この際、種電極層111を保護する保護膜を種電極層111上に形成しておくといよい。次に、表面にフォトリジスト層112を塗布する。本実施例では、厚塗りに適したSU-8（Micro Chem製）を使用した。フォトリジスト層112を、露光および現像し、パターニングを行う。この工程で除去された部分が、可動コア7A、7Bの雌型となる（図4（c））。

【0052】

次に、種電極層111に電圧を印加しながら、パーマロイ層113の電気メッキを行う（図4（d））。

【0053】

パーマロイ層113を所望の厚さ電気メッキした後、表面のフォトリジスト層112と裏面の保護膜102を除去し、パーマロイ層113を保護するための保護膜122としてポリイミドを塗布する。ポリイミドの保護膜122形成後、裏面に次工程のマスクとなるフォトリジスト層123を塗布する。フォトリジスト層123を露光および現像し、可動板5及びねじりバネ6を形成する為のパターニングを行う。ここで、ICP-RIE（Inductively coupled plasma-Reactive ion etching）装置を用いてシリコン2のドライエッチング加工を行い、可動板5及びねじりバネ6を形成する（図4（e））。

【0054】

最後に、残った保護膜122、種電極層111、フォトリジスト層123をそれぞれ除去する。こうして、第1支持基板2に、可動板5、反射面8、可動コア7A、7B、ねじりバネ6、及びアライメント溝13Aが一体形成される（図4（f））。

【0055】

次に、第2支持基板4上に一体的に形成されるコイル9A、9B及び固定コア10A、10Bの製造方法を説明する。

【 0 0 5 6 】

本実施例では、コイル9A、9B及び固定コア10A、10Bを、コイル下面配線114、コイル側面配線115、コイル上面配線116の順番でマイクロマシニング技術により作製した。以下、図5を用いて、さらに詳しく説明する。図5の(a)～(1)において、図5の左側と右側の各部分は、それぞれ、図1におけるB-BとC-Cの各断面図である。

【 0 0 5 7 】

第2支持基板4としては、(100)方位のシリコン基板を用いる。まず、第2支持基板4両面に、熱酸化により、酸化シリコンのマスク層101を成膜する。フォトリソグリス等マスクとして、アライメント溝13Cの形成予定部分のマスク層101をバッファードフッ酸によるウエットエッチングで除去する。次に、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液を用いたシリコン異方性エッチングを行い、所定の位置にアライメント溝となるV溝13Cを形成する(図5(a))。

【 0 0 5 8 】

アライメント溝13C形成後、再びバッファードフッ酸を用いて基板4両面のマスク層101を除去する。そして、コイル下面配線114として、銅を蒸着により成膜し、パターニングする(図5(b))。

【 0 0 5 9 】

次に、下面配線-コア間絶縁層117としてポリイミドを塗布し、パターニングする(図5(c))。

【 0 0 6 0 】

次に、電気メッキを行うための種電極層111としてクロムを蒸着した上に、金を蒸着する(図5(d))。

【 0 0 6 1 】

次に、フォトリソグリス層112を塗布する。本実施例では、厚塗りに適したSU-8(Micro Chem製)を使用した(図5(e))。

【 0 0 6 2 】

次に、フォトレジスト層112を、露光および現像し、パターニングを行う。この工程で除去された部分が、固定コア10A、10B、コイル側面配線115の雌型となる（図5（f））。

【 0 0 6 3 】

次に、種電極層111に電圧を印加しながら、パーマロイ層113の電気メッキを行う（図5（g））。

【 0 0 6 4 】

次に、フォトレジスト層112と種電極層111をドライエッチングで除去する（図5（h））。

【 0 0 6 5 】

次に、エポキシ樹脂119を塗布し、上面を機械的に研磨して平坦化する（図5（i））。

【 0 0 6 6 】

次に、固定コア10Aの上面に上面配線ーコア間絶縁層118としてポリイミドを塗布し、パターニングする（図5（j））。

【 0 0 6 7 】

次に、上面配線ーコア間絶縁層118の上面にコイル上面配線116として銅を蒸着し、パターニングする（図5（k））。

【 0 0 6 8 】

最後に、エポキシ樹脂119を除去する（図5（l））。

以上により、第2支持基板4に、アライメント溝13C、コイル9A、9B、固定コア10A、10Bが一体形成される。

【 0 0 6 9 】

続いて、図6を用いて、スペーサ基板3の製造方法を説明する。

スペーサ基板3としては、(100)方位のシリコン基板を用いる。まず、スペーサ基板3両面に、熱酸化により、酸化シリコンのマスク層101を成膜する。フォトレジスト等をマスクとして、アライメント溝13Bの形成予定部分のマスク層101をバッファードフッ酸によるウエットエッチングで除去する。同様に基板3のもう一方の面にも上記フォトレジストプロセスとエッチングプロセスを繰り返す。

【 0 0 7 0 】

次に、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液を用いたシリコン異方性エッチングを行い所定の位置にアライメント溝となるV溝13Bを形成する（図6（a））。アライメント溝13B形成後、再びバッファードフッ酸を用いて基板3両面のマスク層101を除去する。

【 0 0 7 1 】

基板3の何れか一方の面に、次の工程でのマスクとなるフォトレジスト層102として、フォトレジストを塗布し、これを露光・現像する（図6（b））。

【 0 0 7 2 】

この露光・現像後、ICP-RIE装置を用いてシリコンのドライエッチング加工を行い、図6（c）に示すような貫通孔を形成する。

【 0 0 7 3 】

以上により、スペーサ基板3に、アライメント溝13Bと貫通孔が形成される。

【 0 0 7 4 】

続いて、第1支持基板2と第2支持基板4とスペーサ基板3を接合する。これらの接合は、まず、第2支持基板4のアライメント溝13Cにファイバ14を置いた後に、これにスペーサ基板3のアライメント溝13Bが一致するようにスペーサ基板3を配置し、ファイバ14を設置したアライメント溝に接着剤を入れて接着剤を硬化することで行った。同様に、スペーサ基板3の上面のアライメント溝13Bにファイバ14を設置し、これに第1支持基板2のアライメント溝13Aが一致するように第1支持基板2を配置、接着する。これにより、スペーサ基板3の上下面に、第1支持基板2と第2支持基板4を所定のアライメント精度を持って接合し、3層構造を持つ本実施例の光偏向器とすることができる。

【 0 0 7 5 】

以上のように構成されたC字型固定コアを持つ本実施例の光偏向器の動作原理を説明する。

【 0 0 7 6 】

本実施例の光偏向器の可動板5の回動振動は、可動コア7A、7Bを磁氣的に吸引することによって行い、こうして可動板5上に形成された反射面8を連続的に回動

振動させることにより、ここに入射した光を偏向・走査することができる。

【0077】

以下に詳細に説明する。本明細書において「C字型の固定コア」とは、図1のように固定コア10Aの形状が、その両端面が対向するように構成されている固定コアとする。

【0078】

ねじりバネ6の中心軸から片側のみ（可動コア7A、コイル9A及び固定コア10A）の状況を説明している図3を用いて動作原理を説明する。

【0079】

電流源からコイル9Aに電流を流すと、固定コア10A中に矢印の向きに磁束が発生する。この磁束は、矢印 Φ で示した方向に、固定コア10A、空隙12B、可動コア7A、空隙12A、固定コア10Aの順に磁気回路を周回し、可動コア7Aが、固定コア10Aとのオーバーラップ量 x を増加させる方向、つまり可動板5法線方向Fに引き込まれる。

【0080】

ここで、可動コア7Aと固定コア10A間の空隙のパーミアンス $P_g(x)$ は、

$$P_g(x) = \mu_0 w \{ (t - (x + x_0)) / (R + 2\delta) + (x + x_0) / 2\delta \} \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 μ_0 は真空の透磁率、 δ は空隙の距離、 t は固定コアの厚さ（F方向の長さ）、 R は可動コアの厚さ、 w は可動コアの幅（方向 Φ の長さ）、 x は可動コアの変位、 x_0 は初期状態のオーバーラップ長さである。

【0081】

磁気回路を構成する空隙以外のパーミアンスを P とすると、磁気回路全体のポテンシャルエネルギー W は、

$$W = 1/2 \cdot (1/P + 1/P_g)^{-1} (Ni)^2 \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 N はコイル9Aの巻数、 i はコイル9Aに流れる電流である。

【0082】

比透磁率が十分大きな磁性材料で、可動コア7Aと固定コア10Aを構成すると、 P_g と比べ P はほぼ無限大とみなすことができる。したがって、空隙部に生じる発生

力Fは、

$$F = -dW/dx = -\mu_0 w/2 \cdot \{1/(2\delta) - 1/(R+2\delta)\} (Ni)^2 \quad (3)$$

で与えられる。これにより本発明のC字型固定コアを配した光偏向器では、発生力Fが、コイルの巻数N、電流iの2乗に比例することが分かる。

【0083】

可動コア7Aは、図3のように、可動板5においてモーメントアームを有する位置に構成されているため、この発生力Fにより可動板5を回動するようなトルクが発生する。

【0084】

一方、可動板5が回動することによりねじりバネ6が捩じられ、これによって発生するねじりバネ6のバネ反力F' と可動板5の変位角 ϕ との関係は、

$$\phi = (F' \cdot L) / (2 \cdot G \cdot I_p) \quad (4)$$

で与えられる。ここでGは横弾性係数、Lはねじりバネの中心軸から力点までの距離、lはねじりバネの長さ、 I_p は断面二次極モーメントである。そして、発生力Fとバネ反力F' が釣り合う位置まで可動板5が回動する。したがって、数式(4)のF' に数式(3)のFを代入すれば、可動板5の変位角 ϕ はコイル9Aに流れる電流iの2乗に比例することが分かる。

【0085】

こうして、コイル9Aに流す電流を制御することにより、可動板5の変位角 ϕ を制御できるので、反射面8に入射する光の反射方向を自由に制御でき、連続的に反復動作すれば光走査を行うことができる。

【0086】

ところで、本実施例の光偏向器は、反射面8が1mm×1mmの大きさとして構成されている。光の最大偏向角が約35度、偏向器の共振周波数が約22kHzである。上記説明では、ICP-RIE装置を用いてシリコンのドライエッチング加工を行って可動板5及びねじりバネ6を形成すると述べたが、弾性支持部(ねじりバネ)6は、KOHなどのアルカリ溶液を用いた異方性エッチングにより(100)面と(111)面に囲まれた台形断面を有する様にもできる。ここでは、例えば、上底(短い辺を上底とする)の寸法が20 μ m、弾性支持部6の片側の長さが5000 μ mとなる。

【 0 0 8 7 】

また、上記製造方法では、可動板5と弾性支持部6の厚さは第1支持基板2の厚さ200 μm となっているが、弾性支持部6形成予定部分を形成前にシリコンの異方性エッチングにより掘り下げておくことにより、弾性支持部6の厚さをより薄く構成することも可能である。その場合、弾性支持部6の長さを、より短く設定することができる。

【 0 0 8 8 】

さらに、第1支持基板2を(110)方位のシリコン基板とし、異方性エッチングを行うことにより弾性支持部6の断面形状が(110)面と(111)面に囲まれた長方形形状とすることもできる。この場合、可動板5と弾性支持部6の厚さは第1支持基板2の厚さ200 μm とし、例えば、弾性支持部6の長さが3100 μm 、幅が75 μm と設定して、上記と同様の最大偏向角、共振周波数を持つ本実施例の光偏向器とすることができる。

【 0 0 8 9 】

以下に示す何れの実施例においても、本実施例と同様のサイズとして、それぞれの実施例の光偏向器を構成することができる。

【 0 0 9 0 】

本実施例の構成とすることで、可動部分に電氣的配線を施す必要がなく、そして可動コア7A、7Bをモーメントアームが最大となる部分にのみ効果的に設置して、発生トルクを大きく可動部分を軽量に構成することができる。また、4個のC字型の固定コア10A、10Bを配置したことで、コイルの占有面積を小さくし、漏れ磁束の少ない磁気回路構成となっている。そのため、本実施例の光偏向器は、小型で耐久性の高い光偏向器を実現できる。

【 0 0 9 1 】

また、図1ではコイル9A、9B及びC字型の固定コア10A、10Bは、ねじりバネ6のねじり軸を挟んでそれぞれ2個ずつ、計4つ配置されているが、ねじり軸を挟んでそれぞれ1個、計2個配置としても同様の動作を行う光偏向器を構成できる。

【 0 0 9 2 】

また、図1では光偏向素子として反射面8としたが、反射面8を反射型の回折格

子としても、可動板5の回動振動により同様の動作を行う光偏向器を構成できる。この場合、入射光に対して偏向光は回折光となるため、1本のビームで複数の偏向光を得ることができる。以下の実施例でも、特に光偏向素子を反射面8とした場合について説明しているが、これらの実施例においても反射型回折格子に置き換えて光偏向器を構成できる。

【0093】

(実施例2)

図7、図8は本発明の実施例2の光偏向器21を説明する概略図である。図7は本実施例の光偏向器の上面図、図8は図7のB-B線に沿う断面図である。

【0094】

この光偏向器21も、半導体基板である第1支持基板2と第2支持基板4をスペーサ基板3の上下面に、アライメント溝13A、13B、13Cを介してアライメントを行い、接合した3層構造となっている。

【0095】

図7に示すように、本実施例の光偏向器21の第1支持基板2には、可動板5と、可動板5の一方の面にある反射面8と、もう一方の面にある可動コア7A、7Bが設けられている。また、この可動板5を弾性的にねじれ振動自在に支持するねじりバネ6を備えており、これら可動板5、反射面8、可動コア7A、7B、及びねじりバネ6は、共に半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術によって一体的に形成されている。特に可動コア7A、7Bは、ねじりバネ6のねじり軸と平行な可動板5の対辺のみに平板状に形成されている。

【0096】

図7に示すように、第2支持基板4には、ねじりバネ6のねじり軸を挟んで一対配置されたU字型の固定コア10A、10Bが設けられ（ここが実施例1と異なる）、その周囲に通電により基板面内方向に流れる磁束を発生するコイル9A、9Bが敷設されている。コイル9A、9Bは電流源に接続されており、電流源により可動板5の動作を制御する。U字型の固定コア10A、10Bとコイル9A、9Bは、共にマイクロマシニング技術によって基板4上に一体的に形成されている。

【0097】

本実施例の光偏向器21は、固定コア10Aの形状以外の基本構成は実施例1と同一であり、実施例1と同様の作製方法で作製することができる。以上のように構成された本実施例の光偏向器は、固定コア10A、10Bの形状がU字型に形成されていることにより、可動板5と固定コア10A、10Bが揺動方向に干渉しない構成となっている。そのため、大きな偏向角の光偏向器を容易に実現可能である。

【0098】

以上のように構成されたU字型固定コアを持つ本実施例の光偏向器の動作原理を図9を用いて説明する。図9は、ねじりバネ6の中心軸から片側のみ（可動コア7A、コイル9A及び固定コア10A）の状況を説明しており、U字型の固定コアを配した光偏向器の動作原理を説明する模式図である。本明細書において、「U字型の固定コア」とは、図7のように固定コア10Aの形状が、その両端面が互いに同一平面内となるように構成されている固定コアとする。

【0099】

電流源（不図示）からコイル9Aに電流を流すと、コイル9A中に磁束が発生する。この磁束は、矢印Φで示した方向に、固定コア10A、空隙12A、可動コア7A、空隙12B、固定コア10Aの順に磁気回路を周回し、可動コア7Aが、固定コア10Aとのオーバーラップ量xを増加させる方向、つまり基板法線方向Fに引き込まれる。

【0100】

ここで、可動コア7Aと固定コア10A間の空隙のパーミアンس $P_g(x)$ は、
$$P_g = \mu_0 w \cdot (x + x_0) / (2\delta) \quad (5)$$
で与えられる。ここで、 μ_0 は真空の透磁率、 δ は空隙の距離、 w は固定コアの幅、 x は可動コアの変位、 x_0 は初期状態のオーバーラップ長さである。

【0101】

磁気回路を構成する空隙以外のパーミアンスを P とすると、磁気回路全体のポテンシャルエネルギー W は、

$$W = 1/2 \cdot (1/P + 1/P_g)^{-1} (Ni)^2 \quad (6)$$

で与えられる。ここで、 N はコイル9Aの巻数、 i はコイル9Aに流れる電流である。

【0102】

比透磁率が十分大きな磁性材料で、可動コア7Aと固定コア10Aを構成すると、 P_g と比べ P はほぼ無限大とみなすことができる。したがって、空隙部に生じる発生力 F は、

$$F = -dW/dx = -\mu_0 w / (2\delta) \cdot (Ni)^2 \quad (7)$$

で与えられる。これにより本発明のU字型固定コアを配した光偏向器でも、発生力 F が、コイルの巻数 N 、電流 i の2乗に比例することが分かる。

【0103】

可動コア7Aは図9のように、可動板5においてモーメントアームを有する位置に構成されているため、この発生力 F により可動板5を回動するようなトルクが発生する。

【0104】

一方、可動板5が回動することによりねじりバネ6が捩じられ、これによって発生するねじりバネ6のバネ反力 F' と可動板5の変位角 ϕ との関係は、

$$\phi = ((F' \cdot L) \cdot l) / (2 \cdot G \cdot I_p) \quad (8)$$

で与えられる。ここで G は横弾性係数、 L はねじりバネの中心軸から力点までの距離、 l はねじりバネの長さ、 I_p は断面二次極モーメントである。そして、発生力 F とバネ反力 F' が釣り合う位置まで可動板5が回動する。したがって、数式(8)の F' に数式(7)の F を代入すれば、可動板5の変位角 ϕ はコイル9Aに流れる電流 i の2乗に比例することが分かる。

【0105】

こうして、ここでも、コイル9Aに流す電流を制御することにより可動板5の変位角 ϕ を制御できるので、反射面8に入射する光の反射方向を自由に制御でき、連続的に反復動作すれば光走査を行うことができる。

【0106】

(実施例3)

図10、図11(図10のB-B断面図)は本発明の実施例3の光偏光器31を説明する概略図である。

【0107】

この光偏向器31は、本発明の実施例1と同様の基板構成を有し、第1支持基板2

、スペーサ基板3、第2支持基板4はマイクロマシニング技術を用いて、それぞれ一体形成される。本実施例と上記実施例1とは、ねじりバネ6の回転方向と可動コア7A、7Bの形成位置の関係のみが異なっている。図10に示すように、本実施例の光偏向器31では、ねじりバネ6のねじり軸と垂直な可動板5の対辺に可動コア7A、7Bが形成されている。

【0108】

したがって、本実施例の光偏向器31は、上記実施例1と同様の作製方法で作製することができる。

【0109】

以上のように構成された本実施例の光偏向器31は、可動コア7A、7Bと固定コア10A、10Bが揺動方向に干渉しない構成となっている。そのため大きな偏向角の光偏向器を容易に実現可能である。動作原理は、基本的に上記実施例と同じであり、可動コア7A、7Bと磁束の発生した固定コア10Aまたは10Bとの対向する面の重なり面積が増加する方向に力が発生して可動板5が駆動される。

【0110】

また、図10ではコイル9A、9B及びC字型の固定コア10A、10Bはねじりバネ6のねじり軸を挟んでそれぞれ2個ずつ、計4つ配置されているが、ねじり軸を挟んでそれぞれ1個、計2個配置としても同様の動作を行う光偏向器を構成できる。また、ねじり軸を挟んだ一方の側のみに固定コア10Aまたは10Bを2個配置する形態としても同様の動作を行う光偏向器を構成できる。

【0111】

(実施例4)

図12は本発明の実施例4の光偏光器41を説明する概略図である。

【0112】

この光偏向器41は、本発明の実施例1及び3と同様の基板構成を有し、第1支持基板2、スペーサ基板3、第2支持基板4はマイクロマシニング技術を用いて、それぞれ一体形成される。本実施例と上記実施例3とは、可動板5の形状と可動コア7A、7Bの作製位置のみが異なっている。図12に示すように、本実施例の光偏向器41では、可動板5は、ほぼ正方形に形成されている反射面8の周辺部からねじりバ

ネ6のねじり軸に直角な方向に伸びる突起を有する形状に加工されており、この突起部分にのみ可動コア7A、7Bが作製されている。

【0113】

したがって、本実施例の光偏向器41の作製は、上記実施例1及び3と同様の方法で行うことができる。動作原理も、基本的に上記実施例と同じであり、可動コア7A、7Bと磁束の発生した固定コア10Aまたは10Bとの対向する面の重なり面積が増加する方向に力が発生して可動板5が駆動される。

【0114】

以上のように構成された本実施例の光偏向器41は、上記実施例3とほぼ同様の効果を持つとともに、可動コア7A、7Bを突起状に作製したことにより、モーメントアームを大きくして、より大きなトルクを発生することができる。

【0115】

また、図12でも、コイル9A、9B及びC字型の固定コア10A、10Bはねじりバネ6のねじり軸を挟んでそれぞれ2個ずつ、計4つ配置されているが、ねじり軸を挟んでそれぞれ1個、計2個配置としても同様の動作を行う光偏向器を構成できる。また、ねじり軸を挟んだ一方の側のみに固定コア10Aまたは10Bを2個配置する形態としても同様の動作を行う光偏向器を構成できる。

【0116】

(実施例5)

図13、図14は本発明の実施例5の光偏光器51を説明する上面図、B-B断面図である。

【0117】

この光偏向器51は、本発明の実施例2と同様の基板構成を有し、第1支持基板2、スペーサ基板3、第2支持基板4はマイクロマシニング技術を用いて、それぞれ一体形成される。図13に示すように、本実施例の光偏向器51では、第1支持基板2に、ねじりバネ6のねじり軸と平行な可動板5の対辺周辺の何れか一方に可動コア7Aが1つ設けられている。第2支持基板4には、1つのU字型の固定コア10Aとその周りに通電により基板面内方向に流れる磁束を発生するコイル9Aが前記可動コア7Aと直列磁気回路を構成するように設置されている。

【 0 1 1 8 】

コイル9Aは電流源（不図示）に接続されており、電流源により可動板5の動作を制御する。本実施例と実施例2では、磁気回路を構成する可動コア、固定コア、コイルの構成個数が異なっているのみである。したがって、本実施例の光偏向器51の作製は、上記実施例2と同様の方法で行うことができる。

【 0 1 1 9 】

動作原理も上記実施例2と同様である。以上のように構成された本実施例の光偏向器51は、可動コア7Aを可動板5の片側のみに形成したことにより、可動部分の慣性モーメントを低減することができ、高速駆動を行う光偏向器を構成する場合に非常に有利な構成となる。

【 0 1 2 0 】

更に、可動コア7Aと磁気回路を構成する固定コア10Aも1個でよいため、デバイス全体の小型化を図ることができる。

【 0 1 2 1 】

また、本実施例の固定コア10Aの形状をC字型として、前記実施例1の形態のように可動コア7Aと磁気回路を構成しても同様の効果を得ることができる。

【 0 1 2 2 】

（実施例6）

図15は本発明の実施例6の光偏向器61を説明する概略図である。図15は本実施例の光偏向器61の上面図である。

【 0 1 2 3 】

この光偏向器61は、本発明の実施例1と同様の基板構成を有し、第1支持基板2、スペーサ基板3、第2支持基板4はマイクロマシニング技術を用いて、それぞれ一体形成される。本実施例と上記実施例1とは、ねじりバネ6の回動方向、及び、前記ねじりバネ6の回動方向と可動コア7A、7B、7C、7Dの形成位置の関係が異なっている。本実施例の光偏向器61において、ねじりバネ6はねじり振動及び曲げ振動自在なバネで構成されていて、方形の可動板5を各辺の中央部において、ねじりバネ6の互いのねじり中心軸が直交するように4つのねじりバネ6で弾性支持する構造になっている。

【 0 1 2 4 】

4つの可動コア7A、7B、7C、7Dは、4つのねじりバネ6の形成方向と基板平面内に45度ずれて十字型に直交して可動板5の対角線に沿って形成され、これらの可動コア7A、7B、7C、7Dに対して、図15に示すように、コイル9A、9B、9C、9Dの巻かれたC字型の固定コア10A、10B、10C、10Dが空隙を挟んで4つ対向配置されている。

【 0 1 2 5 】

本実施例の光偏向器61は、上記実施例1と同様の作製方法で作製することができる。

【 0 1 2 6 】

以上のように構成された本実施例の光偏向器61では、コイル9A、9B、9C、9Dのいずれか1つに通電することにより、図15の上面図から見て可動コア7A-7C方向または7B-7D方向をねじりの中心軸とする1方向に可動板5を揺動させ、これら4つのコイルを使用して2次元的に光偏向を行うことができる。また、可動板5の位置を保持するような駆動（所謂サーボロック）も行うことができる。

【 0 1 2 7 】

（実施例7）

図16は実施例7の光学機器である画像表示装置の基本的な構成を示す概略図である。図16の画像表示装置において、実施例1、2、3、或いは4に示された光偏向器を偏向方向がお互い直交するように2個配置した光偏向器群201が設けられ、これは水平・垂直方向に入射光をラスタスキャンする光スキャナ装置として作用する。202はレーザ光源である。203はレンズ或いはレンズ群であり、204は書き込みレンズまたはレンズ群、205は投影面である。レーザ光源202から入射されたレーザ光は、光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けて、光偏向器群201により2次元的に走査される。走査されたレーザ光は、書き込みレンズ204により投影面205上に画像を形成する。

【 0 1 2 8 】

光偏向器群201を実施例6の光偏向器61に置き換えても同様の画像表示装置を構成可能である。

【 0 1 2 9 】

(実施例8)

図17は、実施例8の光学機器である画像表示装置の基本的な構成を示す図である。図17において、201は実施例1、2、3、或いは4に示された光偏向器であり、本実施例では入射光を1次元に走査する光スキャナ装置として作用する。202はレーザ光源である。203はレンズあるいはレンズ群であり、204は書き込みレンズ或いはレンズ群、206は感光体である。レーザ光源202から射出されたレーザ光は、光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けて、光偏向器201により1次元的に走査される。走査されたレーザ光は、書き込みレンズ204により感光体206上へ画像を形成する。感光体206は回転しているので、感光体206上には2次元画像が形成される。

【 0 1 3 0 】

感光体206は図示しない帯電器により一様に帯電されており、この上に光を入射することによりその部分に静電潜像を形成する。次に、図示しない現像器により静電潜像の画像部分にトナー像を形成し、これを例えば用紙に転写・定着することで印字を行うことが可能である。

【 0 1 3 1 】

光偏向器201を実施例6の光偏向器61に置き換えても同様の画像表示装置を構成可能である。この場合は、感光体は平面状であって、静止していればよい。

【 0 1 3 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光偏向器などの揺動体装置は、可動部分に電氣的配線を施さず、耐久性に優れた簡単な構成で電磁式の駆動を行うことができる。また、コイルと固定コア、可動コアの配置と弾性支持の構成を変えることにより2次元的に偏向可能であり、過酷な動作を必要とする駆動でも耐久性に優れた実用的な2次元走査可能な光偏向器などを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施例の光偏向器を示す上面図である。

【図2】

第1の実施例の光偏向器を示す断面図である。

【図3】

本発明による光偏向器の第1の実施例に係る型の駆動原理を示す概略斜視図である。

【図4】

第1の実施例の光偏向器に係る第1支持基板の作製方法を示す断面図である。

【図5】

第1の実施例の光偏向器に係る第2支持基板の作製方法を示す断面図である。

【図6】

第1の実施例の光偏向器に係るスペーサ基板の作製方法を示す断面図である。

【図7】

本発明の第2の実施例の光偏向器を示す上面図である

【図8】

第2の実施例の光偏向器を示す断面図である。

【図9】

本発明による光偏向器の第2の実施例に係る型の駆動原理を示す概略斜視図である。

【図10】

本発明の第3の実施例の光偏向器を示す上面図である。

【図11】

第3の実施例の光偏向器を示す断面図である。

【図12】

本発明の第4の実施例の光偏向器を示す上面図である。

【図13】

本発明の第5の実施例の光偏向器を示す上面図である。

【図14】

第5の実施例の光偏向器を示す断面図である。

【図15】

本発明の第6の実施例の2次元光偏向器を示す上面図である。

【図16】

本発明の第7の実施例の画像表示装置を示す概念図である。

【図17】

本発明の第8の実施例の他の型の画像表示装置の概念図である。

【図18】

従来例である光偏向器を示す上面図(a)と、他の従来例である光偏向器を示す斜視図(b)である

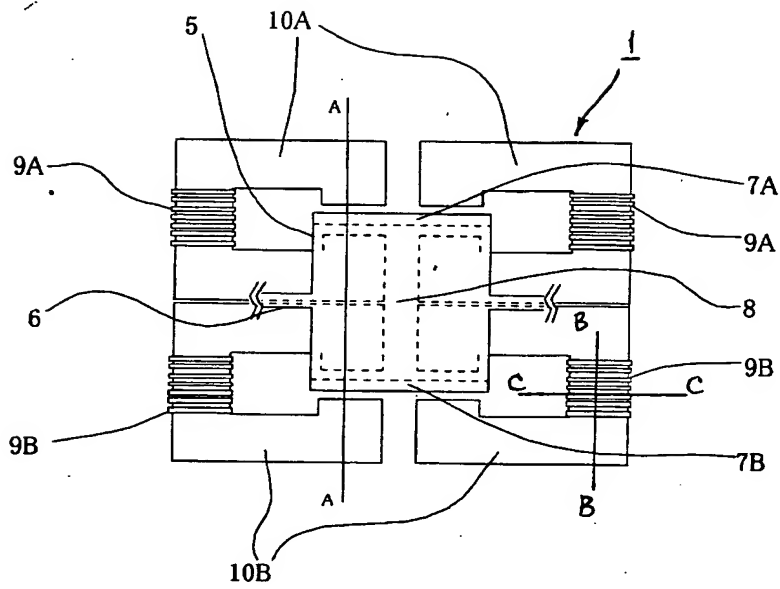
【符号の説明】

1、21、31、41、51、61	光偏向器
2	第1支持基板
3	スペーサ基板
4	第2支持基板
5	可動板
6	ねじりバネ
7A、7B、7C、7D	可動コア
8	反射面
9A、9B、9C、9D	コイル
10A、10B、10C、10D	固定コア
12A、12B	可動コアと固定コア間の空隙
13A、13B、13C	アライメント溝
14	ファイバ
101	マスク層
102、112、123	フォトレジスト層
111	種電極層
113	パーマロイ層
114	コイル下面配線
115	コイル側面配線
116	コイル上面配線

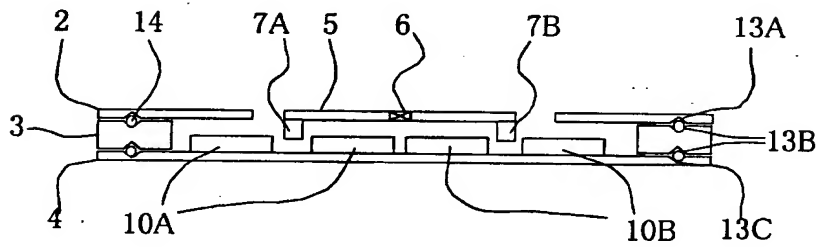
117	下面配線－コア間絶縁層
118	上面配線－コア間絶縁層
119	エポキシ樹脂
122	保護膜
201	光偏向器群
202	レーザ光源
203	レンズ
204	書き込みレンズ
205	投影面
206				感光体
1001				ガルバノミラー
1002				シリコン基板
1003	上側ガラス
1004	下側ガラス
1005	可動板
1006	ねじりバネ
1007	平面コイル
1008	全反射ミラー
1009	コンタクトパッド
1010A、1011A、1010B、1010C		永久磁石
2002	振動子
2003	弾性支持部
2004	振動入力部
2006			振動源
2007				反射面
2008				ミラー支持部
2009				プレート

【書類名】 図面

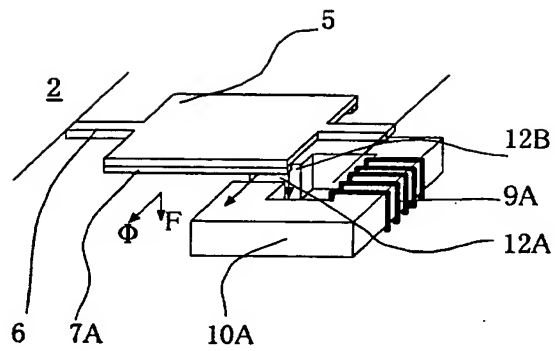
【図1】



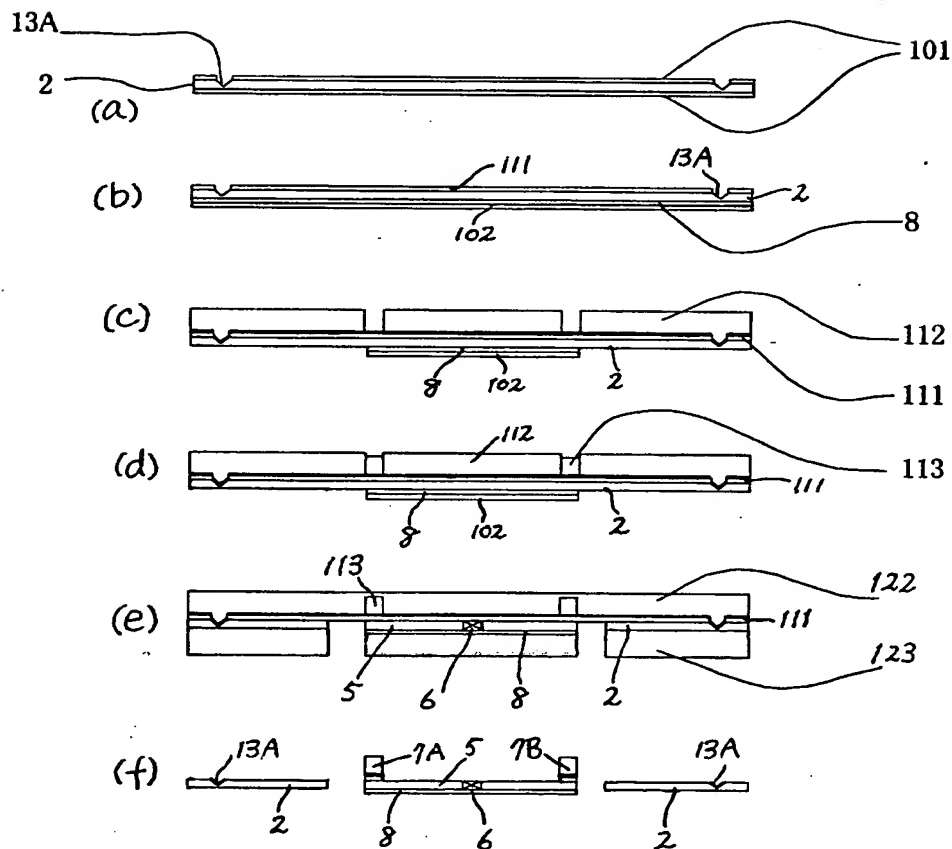
【図2】



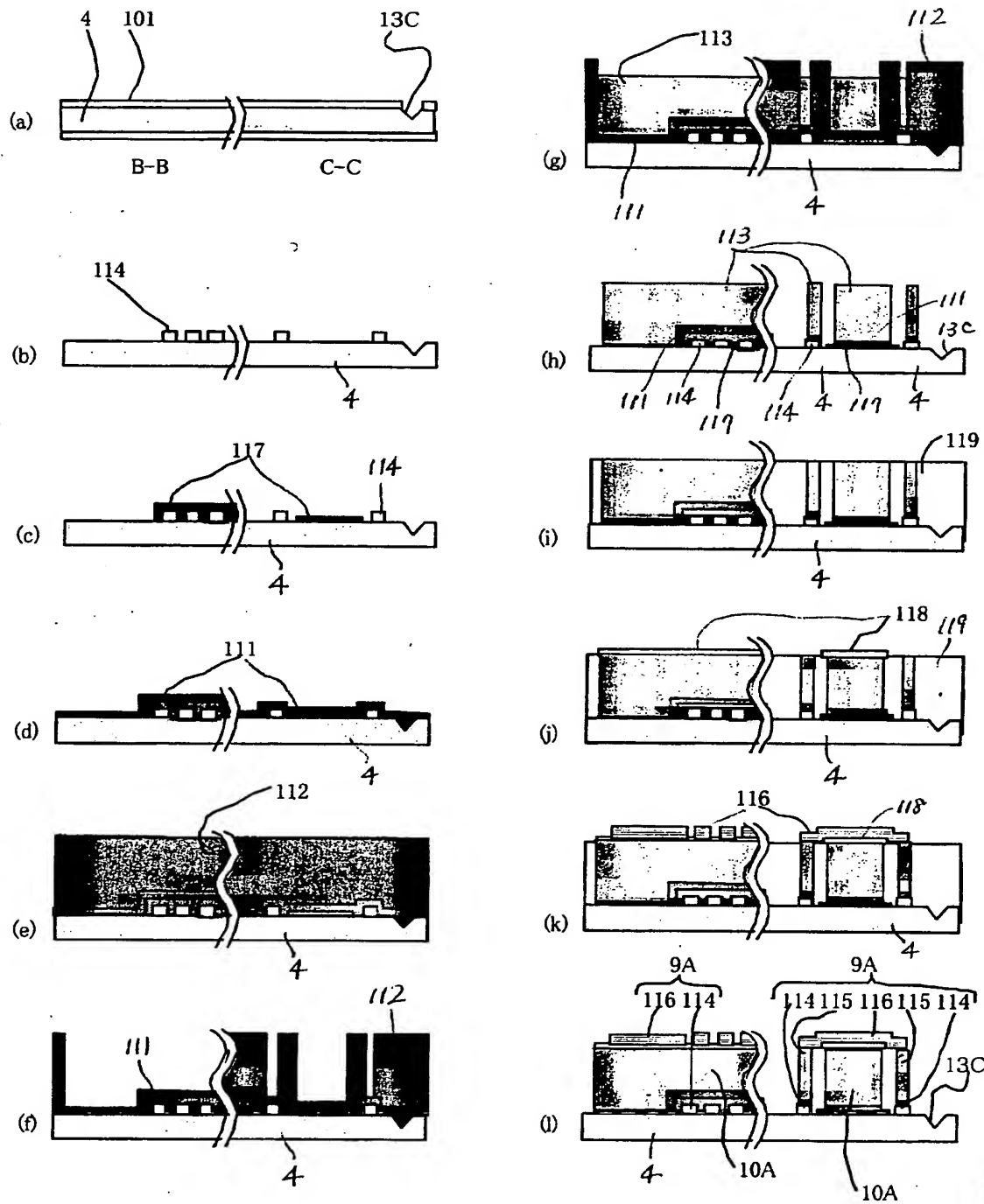
【図3】



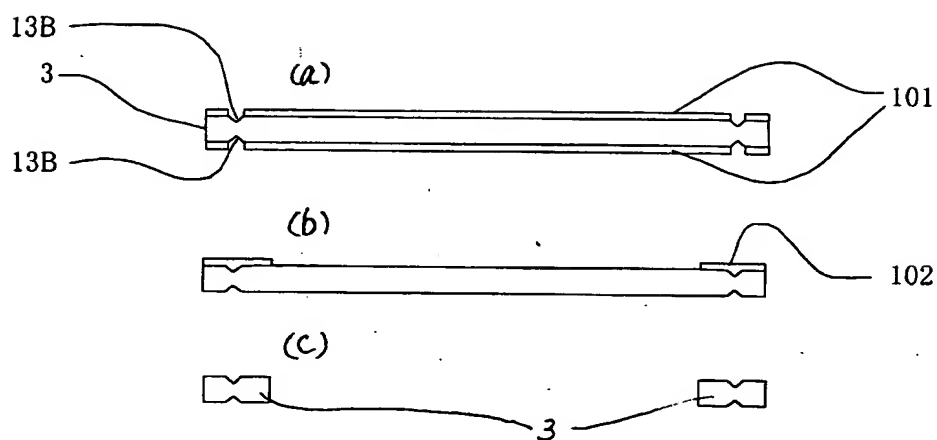
【図4】



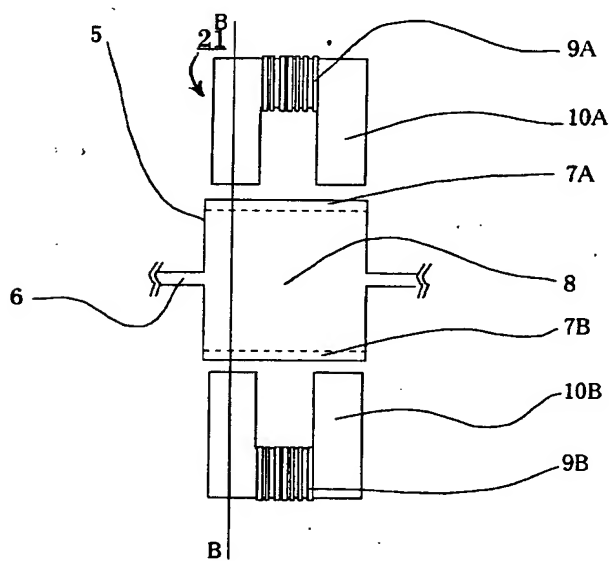
【図5】



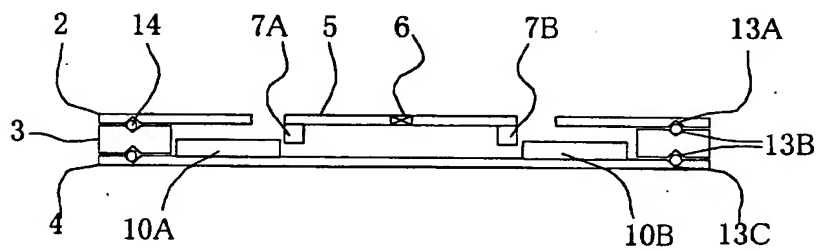
【図6】



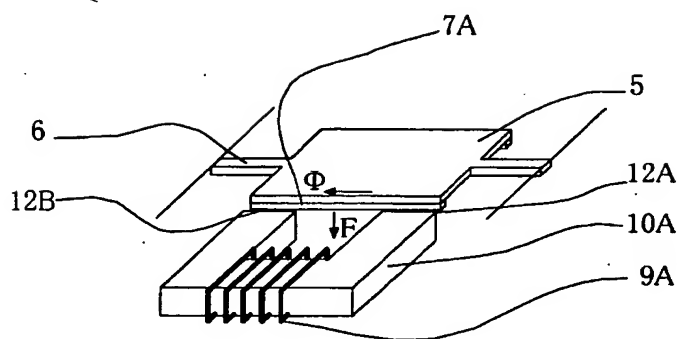
【図7】



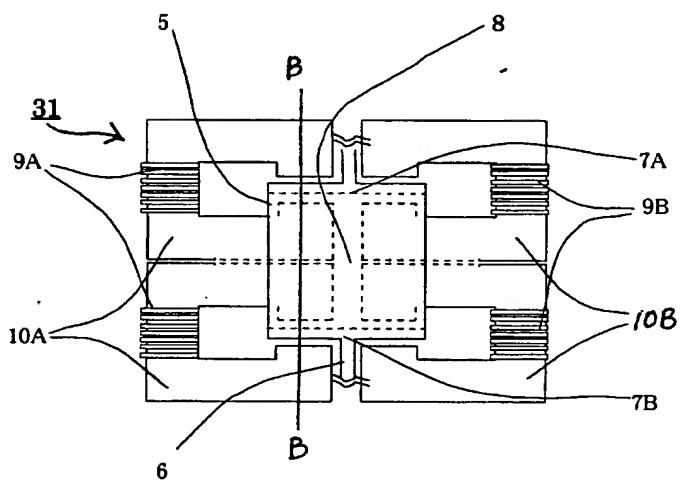
【図8】



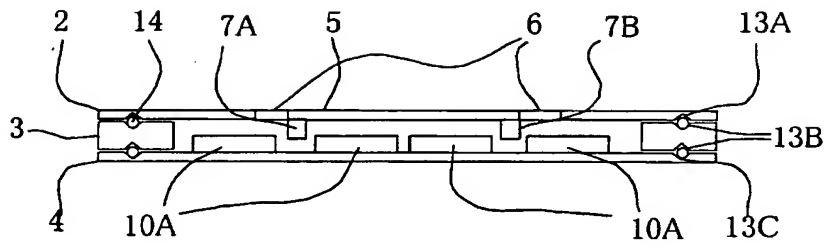
【図9】



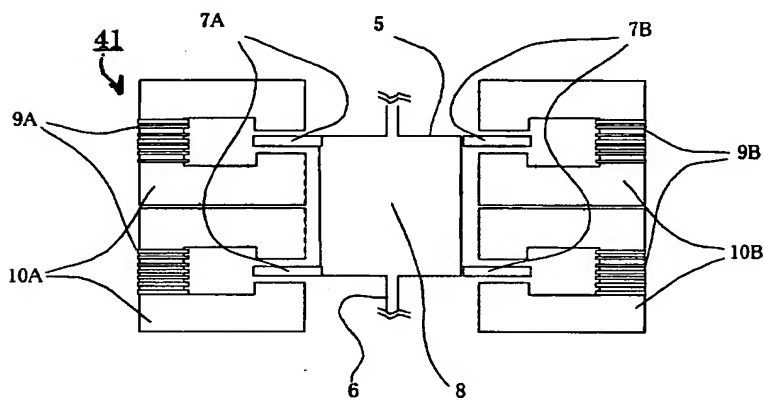
【図10】



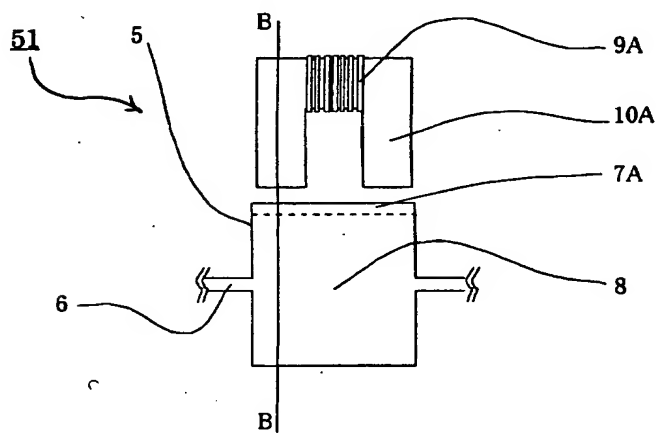
【図11】



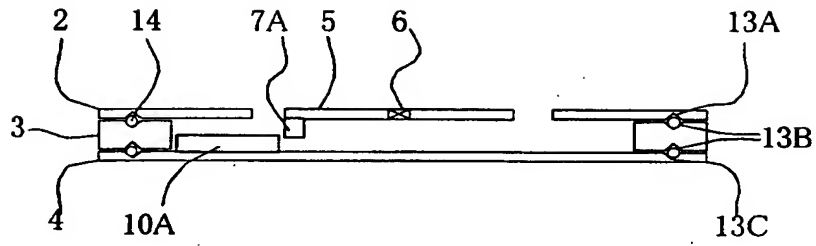
【図12】



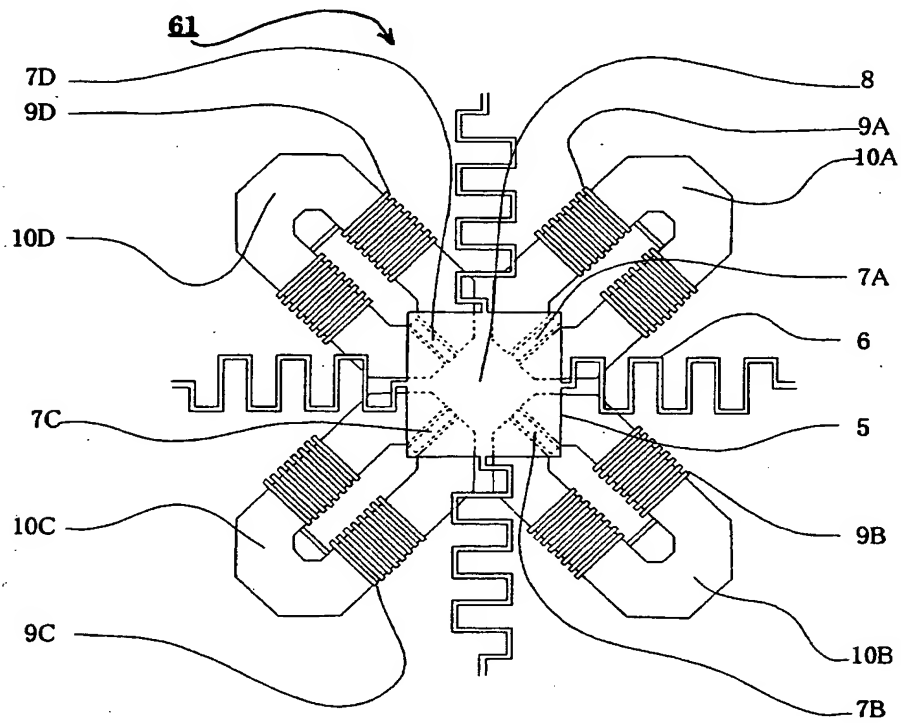
【図13】



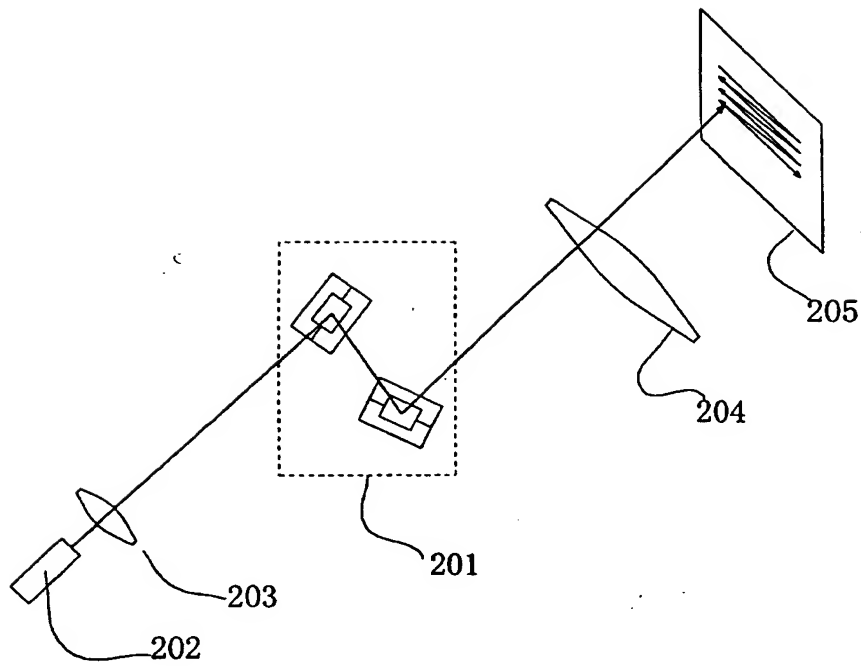
【図14】



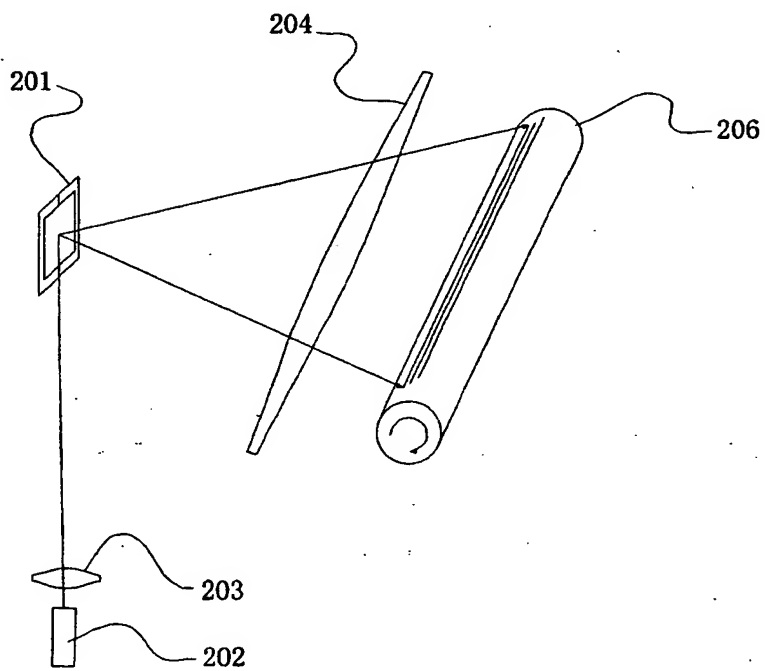
【図15】



【図16】

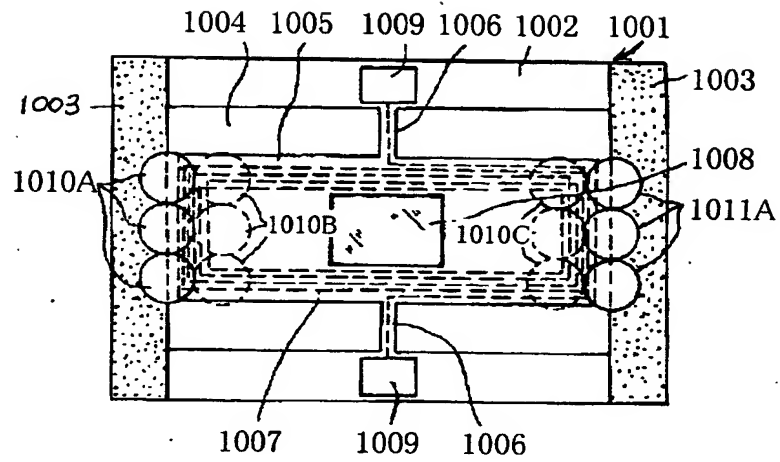


【図17】

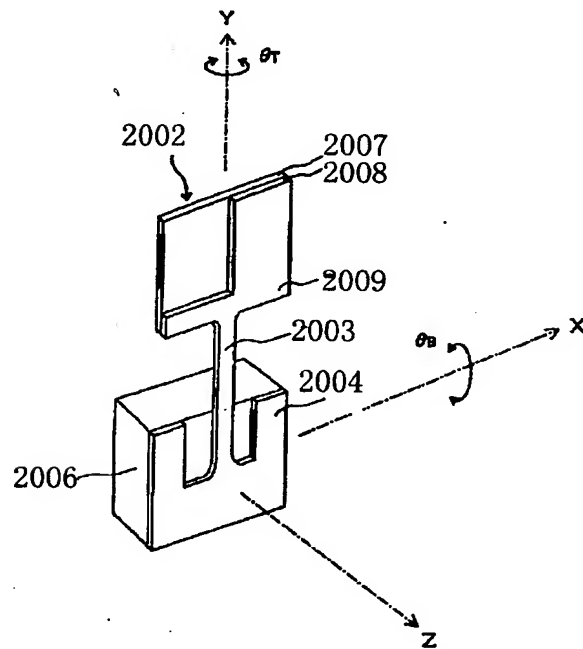


【図18】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非常に小型化できて耐久性が高くでき2次元走査可能な構造にもできる光偏向器等の揺動体装置である。

【解決手段】 揺動体装置は、軟磁性体からなる可動コア7A、7Bを有する揺動体5と、コイル9A、9Bを周回させた固定コア10A、10Bと、揺動体5を支持基板に対して揺動可能に支持する弾性支持部6を有する。可動コア7A、7Bと固定コア10A、10Bは、揺動体5の揺動方向に対し垂直方向にずれて略平行に空隙を介して対向する対向面を夫々有して配置され、揺動体5が揺動するに伴って前記各々の対向面の前記垂直方向から見た重なり部分の面積が変化するように形成されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社